

ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO PARA EUCALIPTOS VISANDO A SELEÇÃO DE HÍBRIDOS

Marcos Deon Vilela de Resende^{*}
Antonio Riioei Higa^{**}

RESUMO

É apresentada a descrição de um esquema de melhoramento para eucalipto, o qual visa à seleção de híbridos interpopulacionais (interespecíficos e intra-específicos) superiores em cada geração. O método baseia-se, essencialmente, na exploração de considerável divergência genética existente entre espécies e entre procedências, dentro de espécies. A obtenção e a seleção de híbridos interespecíficos superiores é direcionada pelo emprego de um delineamento que enfatiza a capacidade geral e específica de combinação. Na seleção de híbridos intra-específicos, a exploração da heterose deverá basear-se numa determinação criteriosa dos pares de procedências com maior divergência genética e na utilização da técnica dos *"best mate indices"*, a qual permite predizer os melhores cruzamentos, ou seja, indica os possíveis melhores híbridos.

PALAVRAS-CHAVE: Seleção recorrente recíproca, divergência genética, seleção clonal, progresso genético, estatísticas multivariadas, efeitos gênicos não aditivos.

BREEDING STRATEGY FOR EUCALYPTS TO OBTAIN AND SELECT HYBRIDS

ABSTRACT

This paper describes a new scheme to improve eucalypt species based on selection of superior interspecific and intraspecific hybrids and to evaluate its potential and applicability. The goal is to explore the large genetic variability between species and provenances within a species. To obtain and to select interspecific hybrids, a design that explores the general and specific ability of combination between two different species is discussed. The best intraspecific hybrids will be selected in two steps: 1) the pairs of provenances with larger genetic diversity will be chosen, and 2) to predict the crosses among siblings of the selected pairs of provenances, the best mate indices will be used.

KEY-WORDS: Reciprocal recurrent selection, genetic divergence, clonal selection, genetic gain, multivariate analysis, non additive genetic effects.

^{*} Eng.-Agrônomo, M.Sc., CREA nº 50.602/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

^{**} Eng.-Florestal, Ph.D., CREA nº 52.583/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

1. INTRODUÇÃO

A heterose ou vigor híbrido manifesta-se em função do cruzamento entre dessemelhantes, onde os descendentes são transgressivos em relação à média dos parentais (BREWBAKER 1969). Em termos biométricos, a heterose corresponde a

$$h = \sum_{i=1}^n (p_i - r_i)^2 d_i \quad \text{onde } p_i \text{ e } r_i \text{ são as frequências gênicas do alelo favorável dos}$$

parentais e d_i o valor genotípico do heterozigoto (efeito de dominância). Assim, a heterose depende basicamente da existência de divergência genética entre os parentais e algum nível de dominância nos locos que controlam um determinado caráter (FALCONER 1964).

Em eucaliptos, a existência de considerável divergência genética entre espécies e entre procedências dentro de espécies (DAVIDSON 1973) aliada à dominância gênica, associada à manifestação de determinados caracteres, estimula a realização de programas de hibridação visando à seleção de materiais heteróticos.

A hibridação entre espécies distintas e posterior seleção clonal de indivíduos híbridos superiores nas progênes tem sido uma prática corriqueira no melhoramento genético do eucalipto no Brasil (ASSIS 1986 e 1987; MARTINS & IKEMORI 1987). No entanto, aparentemente, não tem sido adotado qualquer processo de seleção visando ao melhoramento contínuo dos híbridos no decorrer das gerações.

Baseado no exposto acima, o presente trabalho descreve novos esquemas de melhoramento para eucalipto, os quais visam o melhoramento do híbrido interpopulacional (interespecífico e intraespecífico) através de seleção recorrente, bem como a propagação de híbridos superiores, vegetativamente e via sementes.

2. METODOLOGIA

2.1. Híbridos interespecíficos

A seleção recorrente recíproca (COMSTOCK et al. 1949) foi delineada para o melhoramento do híbrido interpopulacional, utilizando a capacidade geral e específica de combinação. Neste esquema, genótipos de duas populações são avaliados em cruzamentos recíprocos e os genótipos de cada população que apresentarem melhor capacidade de combinação com a população recíproca são recombinados entre si. Após a sugestão de COMSTOCK et al. (1949), vários autores apresentaram outros métodos de seleção recorrente recíproca (HALLAUER & EBERHART 1970; PATERNIANI & VENCOVSKY 1977; PATERNIANI & VENCOVSKY 1978; SOUZA JÚNIOR 1987). No presente trabalho, o esquema proposto fundamenta-se na seleção recorrente recíproca, através da qual, híbridos interespecíficos superiores serão gerados a cada ciclo de seleção. As seguintes etapas estão envolvidas em um ciclo de seleção:

Etapa 1 - Formação da população inicial de cada espécie.

A população inicial de cada espécie deverá ser constituída por 100 indivíduos superiores obtidos a partir de populações com maior grau de melhoramento. Esses indivíduos deverão ser transferidos para um banco clonal por enxertia.

Etapa 2 - Obtenção de híbridos interespecíficos para avaliação da capacidade de combinação dos parentais.

Os 100 indivíduos de cada espécie deverão ser utilizados como parentais femininos em cruzamentos com mistura de pólen da espécie recíproca, gerando 200 famílias de híbridos interespecíficos.

Etapa 3 - Avaliação das famílias híbridas e seleção de parentais.

As 200 famílias obtidas deverão ser avaliadas em ensaios com repetições em vários locais. Com base nos resultados dos ensaios, deverão ser selecionados os 30 parentais de cada espécie com maior capacidade de combinação com a espécie recíproca, desbastando-se os 70 indivíduos não selecionados no banco clonal. Os indivíduos superiores dentro dos ensaios deverão ser clonados, avaliados em testes clonais e os melhores propagados, vegetativamente, para plantios comerciais.

Etapa 4 - Recombinação do 1º ciclo de seleção e obtenção de famílias híbridas para avaliação, visando explorar a capacidade específica de combinação.

Os 5 indivíduos com maior capacidade de combinação (os quais produziram os melhores híbridos) de uma espécie deverão ser cruzados com os 5 superiores da espécie recíproca, em todas as combinações possíveis, produzindo 25 famílias de irmãos germanos híbridos. Este procedimento permitirá selecionar famílias com performances excepcionalmente boas, com aproveitamento máximo da heterose através da capacidade específica de combinação. Assim, estas famílias deverão ser avaliadas em ensaios com repetições em vários locais e as superiores deverão ser propagadas para plantio comercial. Novamente, os indivíduos superiores dentro dos ensaios deverão ser clonados, avaliados em testes clonais e os melhores propagados vegetativamente para plantios comerciais.

No banco clonal correspondente a cada espécie, deverão ser colhidas sementes de polinização aberta entre os 30 indivíduos selecionados, para recombinação do 1º ciclo de seleção.

Etapa 5 - Plantio das populações recombinadas de cada espécie e seleção de indivíduos superiores para clonagem.

A partir das sementes de polinização aberta, colhidas nos bancos clonais correspondentes a cada espécie, serão geradas populações dentro das quais deverão ser selecionados 50 indivíduos superiores a serem clonados para início do 2º ciclo de seleção, ou seja, volta-se à Etapa 1. Na seleção desses indivíduos, deverá ser considerado o pedigree, como forma de evitar o rápido incremento da endogamia na população.

Para melhor compreensão do método, a Figura 1 ilustra de maneira sucinta as etapas envolvidas.

2.2. Híbridos intra-específicos

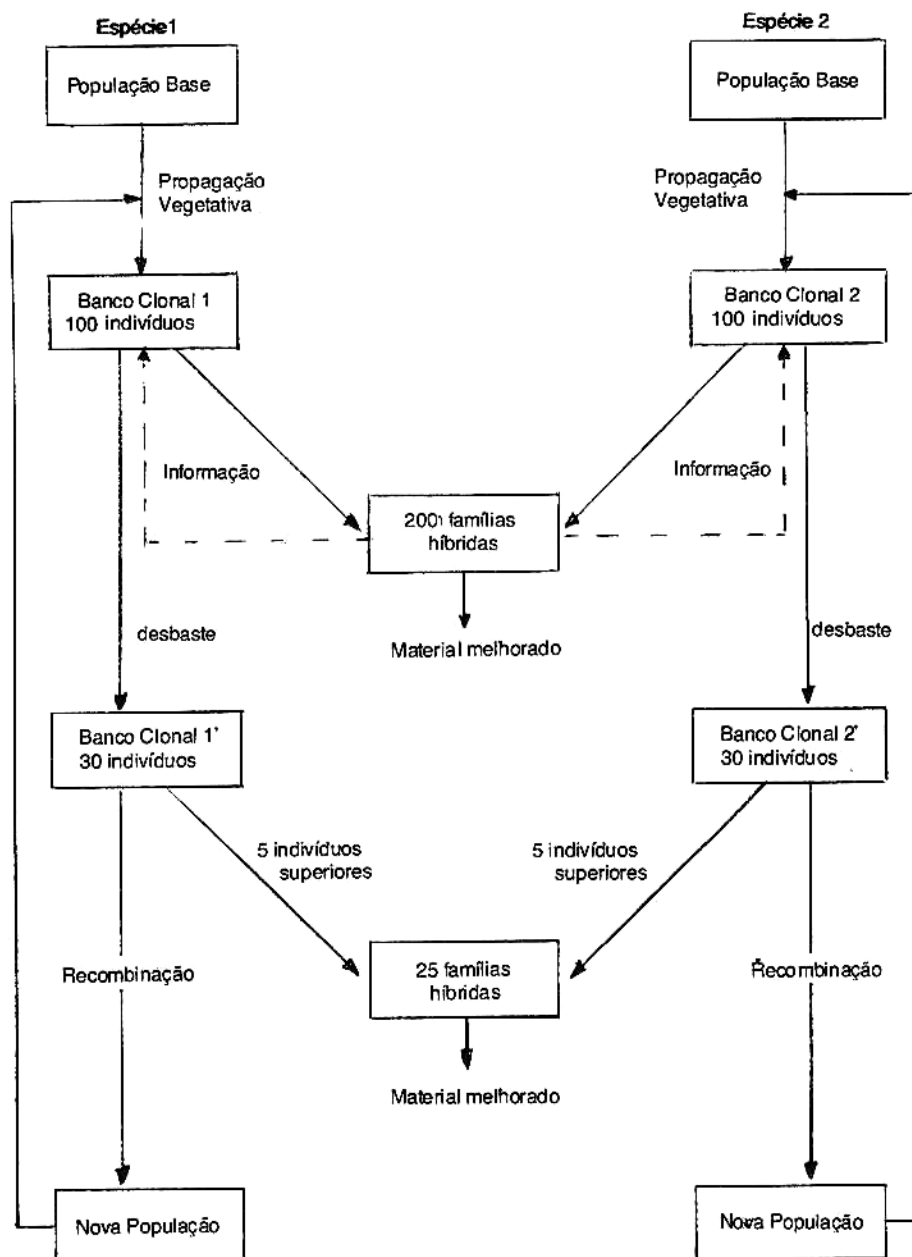
Em se tratando de híbridos intra-específicos, o padrão heterótico está definido a nível de procedências. Isto implica uma criteriosa escolha de pares de procedências a partir das quais serão gerados os híbridos através de cruzamentos entre indivíduos

superiores pertencentes às mesmas. A seleção dos pares de procedências deverá basear-se na máxima divergência genética entre essas.

No passado, a seleção de progenitores para programas de hibridação em diversas espécies era feita de maneira empírica e, frequentemente, a diversidade geográfica era interpretada como índice de diversidade genética (RAM & PANVAR 1970; RAO et al. 1981; JOSHI & DHAWAN 1966; SING & SING 1976). Entretanto, este critério não quantifica a divergência entre as populações e, em muitos casos, a relação entre divergência genética e diversidade geográfica não é verificada (AMALRAJ 1982; JAIN et al. 1981; KATIYAR & SINGH 1979; SING & GILL 1984; DAS & GUPTA 1984; PETER & RAI 1976). Segundo MURTY & ARUNACHALAN (1966), a deriva genética e a seleção em diferentes ambientes podem causar maior diversidade genética que a distância geográfica.

Baseado no exposto, CRUZ (1990) sugere a utilização da estatística D^2 proposta por MAHALANOBIS (1936), como medida da divergência genética. Tal estatística, denominada de "*distância generalizada de Mahalanobis*", é uma técnica de análise multivariada que atua sobre um conjunto de caracteres correlacionados, levando em consideração as correlações entre os mesmos por meio de uma matriz de dispersão das variáveis. O uso da distância de Mahalanobis, como medida de divergência genética tem sido relatada em diversas espécies vegetais (RAO 1981; BARRETO 1981; JOSHI & SING 1979; VARMA & GULLATI 1982).

FIGURA 1. Esquema de melhoramento proposto para seleção de híbridos interespecíficos.



A seleção dos pares de procedências que deverão ser trabalhados, deverá ser realizada baseando-se nas magnitudes da estatística D^2_{ii} , de Mahalanobis, a qual pode ser determinada pela expressão (SNEATH & SOKAL 1973);

$$D^2_{ii'} = d'_{ii'} S^{-1} d_{ii'} \quad \text{onde:}$$

- vetor coluna de diferença entre médias das procedências i e i' , considerando todas as características.

S^{-1} : inversa da matriz de dispersão residual das variáveis, a qual é composta por variâncias e covariâncias residuais.

Para a determinação de D^2_{ii} é recomendado a utilização de um maior número de características possíveis e aquelas mais importantes para a adaptação e seleção natural. A ênfase dada à escolha de progenitores com alta divergência genética visa à obtenção de maior efeito heterótico na população híbrida e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas famílias segregantes. O método a ser utilizado na seleção de híbridos intraespecíficos exige a manutenção da individualidade das procedências, como forma de preservar a divergência genética. Assim, o programa de híbridos intraespecíficos deverá seguir acoplado a um programa onde as procedências são mantidas individualizadas através das gerações. Em cada ciclo de seleção nas procedências, deverão ser selecionados os 10 indivíduos superiores em cada uma delas, através de índice combinado de indivíduos dentro de famílias (COTTERILL 1986; TALBERT 1986; COTTERILL & DEAN 1989). Os indivíduos selecionados de uma procedência deverão ser cruzados com os selecionados da outra procedência do par de forma a gerar 25 famílias de irmãos germanos híbridos. Essas famílias serão avaliadas posteriormente, juntamente com outras famílias provenientes do cruzamento entre indivíduos superiores de outros pares de procedências, a partir de onde serão selecionadas as superiores.

A escolha dos 25 cruzamentos a serem realizados, dentre os 100 possíveis, deverá basear-se na técnica dos "*best mate indices*" (COTTERILL et al. 1988). Tal técnica foi desenvolvida por ALLAIRE (1980) visando prever os melhores cruzamentos, a partir de um grupo de indivíduos, e baseia-se na probabilidade de determinados indivíduos gerarem famílias excepcionais através da combinação de informações a respeito do potencial genético (índice combinado) de cada parental. Segundo COTTERILL (1984), tal técnica é muito promissora pois permite gerar famílias de irmãos germanos excepcionais, para propagação em massa.

3. DISCUSSÃO

3.1. Híbridos interespecíficos

A utilização das famílias de irmãos germanos superiores para plantio comercial, conforme descrito na Etapa 4, poderá ser realizada opcionalmente de duas maneiras: via sementes ou propagação vegetativa. Tais famílias superiores somente poderão ser propagadas via sementes se os parentais que as originaram forem

pronunciadamente autoestéreis, apresentando, em delineamento de pomar, uma baixa taxa de autofecundação, conforme relatado por MARTINS & IKEMORI (1987). A propagação via sementes seria interessante devido à grande quantidade de material genético melhorado produzido a baixo custo. Assim, a seleção de aproximadamente 3 famílias superiores aumentará as chances de que pelo menos uma delas possa ser propagada via sementes. Entretanto, na impossibilidade de se utilizar a propagação via sementes sugere-se que as famílias de irmãos germanos superiores sejam propagadas vegetativamente em massa, ou seja, em escala logarítmica, conforme apresentado por COTTERILL (1984), CARSON (1986) e COTERILL et al. (1987).

A utilização de famílias, ao invés de clones, é desejável quando se objetiva a obtenção de materiais mais estáveis fenotipicamente através dos ambientes e menos vulneráveis a fatores adversos locais (condições climáticas estressantes e ocorrência de pragas e doenças). As famílias a serem utilizadas comercialmente apresentarão provavelmente, uma combinação adequada e balanceada de diferentes genótipos que conferirão às mesmas boas performances e maior estabilidade, em função da homeostase populacional (ROWE & ANDREW 1964) conferida pela interação compensatória de indivíduos dentro dessas famílias. Por outro lado, o emprego de famílias de irmãos germanos conduz a plantios mais homogêneos do que aqueles obtidos a partir de sementes de polinização aberta dos melhores parentais (relatado por MARTINS & IKEMORI 1987), já que dentro de famílias de irmãos germanos, há menor variabilidade genética que dentro de famílias de meios irmãos.

Em cada ciclo, as famílias de irmãos germanos geradas deverão apresentar elevadas médias em relação à média da população híbrida (200 famílias) resultante do cruzamento entre as duas espécies, pois a obtenção das mesmas terá sido orientada com base na capacidade de combinação dos parentais. A seleção entre famílias de irmãos germanos permite um ganho genético dado por:

$$G_s = d_s[(1/2) \hat{\sigma}^2_{A(12)} + (1/4) \hat{\sigma}^2_{D(12)}] / \hat{\sigma}^2_{F(12)} \quad \text{onde:}$$

d_s : diferencial de seleção

$\hat{\sigma}^2_{A(12)}$: variância genética aditiva interespecífica;

$\hat{\sigma}^2_{D(12)}$: variância genética dominante interespecífica;

$\hat{\sigma}^2_{F(12)}$: variância fenotípica entre médias de famílias de irmãos germanos;

Este progresso genético será alto devido à considerável variabilidade genética explorada pelo método e à alta pressão de seleção (1-3 famílias selecionadas), a qual provavelmente, levará a um alto diferencial de seleção. De um ciclo para outro os 200 híbridos gerados (Etapa 2) capitalizarão um ganho genético dado por

$$G_s = K_1(1/4)\sigma^2_{A(12)} / \sigma^2_{F(12)} + K_2(1/4)\sigma^2_{A(21)} / \sigma^2_{F(21)}$$

em relação aos 200 híbridos do ciclo anterior, onde:

σ^2_{A12} e σ^2_{A21} : variâncias genéticas aditivas interespecíficas que surgem quando as espécies 2 e 1 são utilizadas como doadoras de pólen nos cruzamentos, respectivamente.

σ^2_{F12} e σ^2_{F21} : desvios padrões fenotípicos entre famílias de meios irmãos, quando as espécies 2 e 1 são utilizadas como doadoras de pólen nos cruzamentos, respectivamente.

K_1 e K_2 : diferenciais de seleção standardizados referentes às seleções de parentais nas espécies 1 e 2 respectivamente.

Assim, híbridos superiores serão gerados a cada ciclo de seleção recorrente recíproca. Além da possibilidade de utilização das famílias híbridas superiores, a seleção recorrente recíproca possibilita a clonagem de indivíduos híbridos superiores a cada ciclo, justificando a sua utilização.

Em cada ciclo de seleção, a magnitude da variância genética aditiva interespecífica deverá ser avaliada e comparada com as dos ciclos anteriores. Quando for constatada uma grande redução de variabilidade, deverão ser injetados novos indivíduos superiores provenientes de outras populações da mesma espécie. Tal procedimento não acarretará grandes problemas, visto que o padrão heterótico (divergência genética) não será afetado seriamente, uma vez que o mesmo está definido a nível de espécie e não de população.

Os híbridos superiores gerados com o processo de seleção poderão ser reunidos na forma de um composto de maneira a produzir populações com médias provavelmente altas e ampla variabilidade genética, portanto, promissoras para novos programas de seleção.

3.2. Híbridos intra-específicos

A capitalização da heterose nos híbridos intra-específicos dar-se-á através da exploração da divergência genética existente entre procedências (seleção de pares de procedências) e da utilização de indivíduos com alta frequência de alelos favoráveis como parentais ("best mate indices"). O aumento da frequência dos alelos favoráveis nas procedências como consequência da seleção e a recombinação no decorrer das diferentes gerações, garantirá a seleção de híbridos superiores a cada geração.

Em cada geração, a utilização de indivíduos provenientes de seleções nas procedências em diferentes locais é um procedimento recomendável como forma de aumentar ou, pelo menos, manter a divergência genética entre procedências, como consequência da seleção em ambientes diferenciados.

O método de multiplicação dos híbridos superiores para plantios comerciais deverá ser similar ao descrito para o programa de híbridos interespecíficos ou seja, poderá ser sexuado ou assexuado, dependendo da autoesterilidade dos parentais envolvidos nos cruzamentos.

Os híbridos intraespecíficos superiores gerados poderão ser derivados para o

programa de híbridos interespecíficos, quando a variabilidade genética interespecífica exaurir após alguns ciclos de seleção recorrente recíproca.

4. CONCLUSÕES

As estratégias propostas representam fortes esquemas de melhoramento em termos de potencial genético, exigindo, no entanto, polinizações controladas e, portanto, mão-de-obra especializada. Pode-se, entretanto, fazer algumas adaptações nas metodologias em função das condições disponíveis. A diminuição do número de cruzamentos a serem realizados para gerar as famílias de irmãos germanos, tanto a nível interespecífico quanto intra-específico, pode ser uma alternativa interessante do ponto de vista da redução da quantidade de trabalho, embora seja indesejável do ponto de vista genético, principalmente quanto mais importantes forem os efeitos gênicos não aditivos na manifestação dos caracteres sob seleção.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAIRE, F.R. Mate selection by selection index theory. **Theor. Appl. Genet.**, New York, **57**:267-72. 1980.
- AMALRAJ, S.F.A. Genetic divergence in *Gossypium barbadense* L. **Genet. Agr**, **23** 36:23-30, 1982.
- ASSIS, F.T. Cultura do eucalipto; melhoramento genético do eucalipto. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, **141**:36-46, 1986.
- ASSIS, F.T. Produção de híbridos interespecíficos em *Eucalyptus* spp. In: REUNIÃO SOBRE TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS, Piracicaba, 1987. **Anais...** Piracicaba, IPEF, 1987, p.2-5.
- BARRETO, D. **Evaluación de caracteres agronômicos em 34 variedades de maní en los valles del Tolima**. Bogotá, UN-ICA, 1981, 182p. Tese Mestrado.
- BREWBAKER, J.L. **Genética na agricultura**, São Paulo, Polígono, 1969. 217p.
- CARSON, M.J. Control - pollinated seed orchards of best general combiners. A new strategy for radiata pine improvement. In: PLANT. BREEDING SYMPOSIUM, Lincoln, 1986. **Proceedings...** s.ed., 1986. n.p.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. & HARVEY, P.H. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. **Agron. J.**, Madison, **41**:360-67, 1949.
- COTTERILL, P.P. Aplan for breeding radiata pine. **Silvae Genetica**, Frankfurt, **33**:84-90, 1984.
- COTTERILL, P.P. Genetic gains expected from alternative strategies including simple low cost options. **Silvae Genetica**, Frankfurt, **35** 212-23, 1986.
- COTTERILL, P.P.; DEAN, C.A. & VAN WYK, G. Aditive and dominance genetic effects in *Pinus pinaster*, *P. radiata* and *Pinus elliotii* and some implications for breeding strategy. **Silvae Genetica**, Frankfurt, **36**:221-32, 1987.

- COTTERILL, P.P.; DEAN, C.A.; CAMERON, J. & BRINDBERGS, M. Nucleus breeding: A new strategy for rapid improvement under clonal forestry. In: IUFRO MEETING TROPICAL ON BREEDING TREES, Pattaya, Thailand. 1988. **Proceedings...** s.l., s.ed., 1988, p.1-15.
- COTTERILL, P.P. & DEAN, C.A. **Successful breeding**: a manual of applied index selection. Melbourne, CSIRO, 1989. n.p.
- CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1990, 188p. Tese Doutorado.
- DAS, P.K. & GUPTA, T.D. Multivariate analysis in black grain (*Vigna mungo* (L.) Hepper). **Indian J. Genet.**, **44**:243-47, 1984.
- DAVIDSON, J. **Natural variation in *Eucalyptus deglupta* and it's effects on choice of criteria for selection in a tree improvement programme**. Papua, Papua tropical Forestry Research, 1873. 9p. (Tropical Forestry Research Note, SR2).
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York. Ronald Press., 1964. 365p.
- HALLAUER, A.R. & EBERHART, S.A. Reciprocal full-sib selection. **Crop Sci., Madison**, **10**:315-16, 1970.
- JAIN, A.K.; DHAGAT, N.K. & TIWARI, A.S. Genetic divergence in finger millet. **Indian J. Genet**, **41**:346-48, 1981.
- JOSHI, A.B. & DHAWAN, N.L. Genetic improvement in yield with special reference to self-fertilizing. **Crop Indian J. Genet**, **26**:101-13, 1966.
- JOSHI, M.G. & SING, B. Genetic divergence among tetraploide triticum species. **The Indian J. Genet. Plant Breeding**, New Delhi, **39** 188-93. 1979.
- KATIHAR, R.P. & SINGH, S.P. Genetic divergence in chickpea. **The Indian J. Genet. Plant. Breeding**, New Delhi, **39**: 354-58, 1979.
- MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistics. **Proc. Nat. Inst. Sci.** **2**: 49-55, 1936.
- MARTINS, F.C.G. & IKEMORI, Y.K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. In: REUNIÃO SOBRE TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS, Piracicaba, 1987. **Anais...** Piracicaba, IPEF, 1987. p.48-62.
- MURTY, B.R. & ARUNACHALAN, V. The nature of genetic divergence in relation to breeding system in crop plants. **Indian J. Genet**, **26**:188-89, 1966.
- PATERNIANI, E. & VENCOSKY, R. Reciprocal recurrent selection in maize (*Zea mays* L.) based on testcross of haf-sib families. **Maydica**, Bergamo, **22**:141-52, 1977
- PATERNIANI, e. & VENCOSKY, R. Reciprocal recurrent selection based on half-sib progenies and prolific plants in maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, **23**:209-19, 1978.
- PETER, K.V. & RAI, B. Genetic divergence in tomato. **The Indian J. Genet Plant Breeding**, New Delhi, **36**: 379-83, 1976.

- RAM, J. & PANWAR, D.V.S. Intraspecific divergence in rice. **Indian J. Genet.**, **30**: 1-10, 1970.
- RAO, A.V.; PRASAD, A.S.R.; SAI KRISHNA, T.; SESHU, D.V. & SRINIVASAN, T.E. Genetic divergence among some brown planthopper resistant rice varieties. **The Indian J. Genet Plant Breeding**, New Delhi, **41**:179-85, 1981.
- ROWE, P.R. & ANDREW, R.H. Phenotypic stability for a sistematic series of corn genotypes. **Crop. Sci.**, Madison, **4**:563-67, 1964.
- SING, T.H. & GILL, S.S. Genetic diversity in upland cotton under different enviroments. **Indian J. Genet.**, **44**:506-13, 1984.
- SING, A. & SING, A.N. Inheritance of quantitative characters in chili. **The Indian J. Genet. Plant Breeding**, New Delhi, **36**:420-30, 1976.
- SNEATH, P.H. & SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy**; the principies and practice of numerical classification. s.l., W.A. Freeman and Company, 1973. 573p.
- SOUZA JÚNIOR, C.L. Reciprocal recurrent selection with half-sib progenies obtained alternately from non inbred (S0) and inbred (S1) plants in maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, **22**:19-31, 1987.
- TALBERT, C.B. Multi-criterion index selection as a tool for operational tree improvement. In: IUFRO CONFERENCE ON BREEDING THEORY, PROGENY TESTING AND SEED ORCHARDS. Williamburg, 1986. **Proceedings...** s.l., s.ed., 1986. p.228-38.
- VARMA, N.S. & GULLATI, S.C. Genetic divergence in 2-rowed and 6-rowed barley. **Indian J. Genet.**, **42**:314-18, 1982.